



MISSION D'APPUI AU PROJET POSEIDOM VETERINAIRE A L'ILE DE LA REUNION

**Traitement statistique des données du programme de lutte
chimique contre les vecteurs d'hémoparasitoses**

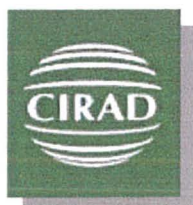
du 4 au 20 février 2002

par

Samir MESSAD

Rapport CIRAD-EMVT N° 2002- 040

Octobre 2002



**CIRAD-EMVT
Département d'Elevage
et de Médecine Vétérinaire
du CIRAD
TA30/A - 34398 Montpellier Cedex 5
France**

© **CIRAD-EMVT 2002**

Tous droits de traduction, de reproduction par tous procédés, de diffusion
et de cession réservés pour tous pays.

AUTEUR : Samir MESSAD

ACCES AU DOCUMENT :
- au service de documentation du
CIRAD (bibliothèque de Baillarguet)

ORGANISME AUTEUR : CIRAD-EMVT

ETUDE FINANCEE PAR : GRDSBR (Groupement Régional de Défense Sanitaire du Bétail de la Réunion)

REFERENCE : Ordre de mission n°30 06 02 047

AU PROFIT DE : GRDSBR, Projet POSEIDOM vétérinaire.

TITRE : Mission d'appui au projet POSEIDOM Vétérinaire à l'Ile de la Réunion. Traitement statistique des données du programme de lutte chimique contre les vecteurs d'hémoparasitoses. Rapport Cirad-Emvt N°2002-040.

TYPE D'APPROCHE : Mission d'appui méthodologique.

DATE ET LIEU DE PUBLICATION : octobre 2002, Montpellier, France.

PAYS OU REGIONS CONCERNEES : Ile de la Réunion.

MOTS CLES : Analyse des données - Hémoparasitoses - Elevage - Stomoxes - Ile de la Réunion.

RESUME :

Cette mission répondait à la demande du projet POSEIDOM vétérinaire mené au sein du Groupement Régional de Défense Sanitaire de l'Ile de la Réunion (GRDSBR), programme qui a pour objectif l'amélioration de l'état sanitaire des élevages par la lutte contre les vecteurs des hémoparasitoses. Il s'agissait d'apporter un appui technique statistique au traitement des données de vente de produits insecticides subventionnés aux éleveurs réunionnais. Le POSEIDOM a mené plusieurs campagnes de distribution et de promotion afin de sensibiliser et d'aider les éleveurs dans leur lutte contre les mouches bœuf. Les analyses ont permis de dégager des profils d'achats et de mieux comprendre les logiques individuelles de lutte. Un autre travail a été réalisé pour finaliser les analyses d'identification des facteurs de variation de l'infestation des élevages par les mouches stomoxes. Après simplification du plan d'observation et en faisant abstraction de la météorologie, des résultats ont permis de mieux cerner la complexité du phénomène d'infestation des élevages par les stomoxes ; Phénomène qui fait actuellement l'objet d'un nouveau suivi par le POSEIDOM (programme SEFRO) qui permettra entre autres de mieux définir les facteurs d'incidence.

SOMMAIRE

| | | |
|-------|--|----|
| 1 | Cadre de la mission | 5 |
| 2 | Analyses des données de vente de produits insecticides | 6 |
| 2.1 | Les données | 6 |
| 2.2 | Méthodologie d'analyse | 7 |
| 2.3 | Etude des comportements d'achat de Butox® en période 1 | 8 |
| 2.3.1 | Typologie des profils d'achat réguliers de Butox® en période 1. | 8 |
| 2.3.2 | Typologie des profils d'achat occasionnels de Butox® en période 1..... | 13 |
| 2.4 | Etude des comportements d'achat de produits insecticides en période 2 | 16 |
| 2.5 | Analyse des relations entre occurrences d'hétoparasitose et achat d'insecticide chez les éleveurs de la zone des plaines. | 19 |
| 3 | Analyse des données entomologiques du suivi en ferme (SEF 2000) | 21 |
| 4 | Conclusion | 25 |
| 5 | Bibliographie | 26 |

Remerciements

Je tenais à remercier Laurence Lannoy et Jean-Sébastien Dehecq pour leur accueil au sein du GRDSBR et à l'île de la Réunion. Merci pour leur écoute attentive et leurs efforts à tenter de percevoir les « acrobaties obscures » de tableaux de données. De chaleureux remerciements également à Emmanuel Tillard pour son aide et ses conseils avisés.

Calendrier de la mission

05/02/02 ⇨ Arrivée à St Denis de la Réunion

06/02/02 ⇨ Début du travail d'analyse des données de vente de produits insecticides

18/02/01 ⇨ Réunion de travail avec Jean-Sébastien Dehecq et Jean-Paul Ramsamy (GRDSBR) et Emmanuel Tillard (Cirad-Emvt) sur les stratégies de poursuite d'analyses statistiques du suivi en ferme 2000

Début du travail d'analyses des données du suivi en ferme 2000

20/02/01 ⇨ Fin de la mission.

Personnes rencontrées

| | |
|-----------------------|-----------------------------------|
| Alain Gautier | ⇨ directeur GRDSBR |
| Laurence Lannoy | ⇨ responsable POSEIDOM |
| Jean Sébastien Dehecq | ⇨ assistant responsable POSEIDOM |
| Cecile Squarzoni | ⇨ responsable RESIR |
| Jean-Yves Raelison | ⇨ responsable informatique GRDSBR |

1 Cadre de la mission

Cette mission s'inscrit dans le cadre des appuis scientifiques que le CIRAD-EMVT apporte au GRDSBR dans la conduite du programme POSEIDOM vétérinaire 2000-2006 « Eradication de l'anaplasmose, des babésioses et de la cowdriose à l'île de la Réunion » (De La Rocque & Barré, 2000). Nous rappelons que depuis 1994, un programme de protection de l'élevage bovin est mené à l'île de la Réunion financé par l'Europe, l'Etat et la Région et qui a pour objectif principal la lutte contre les hémoparasitoses en agissant contre ses vecteurs : mouches stomoxes et tiques. Cette lutte se décline en une multiplicité d'actions :

- la lutte biologique avec le lâcher de parasitoïdes qui s'attaquent aux larves des stomoxes,
- la lutte mécanique directement contre les stomoxes avec différents types de pièges,
- la lutte environnementale qui vise à prévenir les risques d'infestation à l'aide d'actions sanitaires dans les bâtiments et leur environnement,
- la lutte chimique subventionnée contre tiques et stomoxes.

Le premier travail consistait à identifier des comportements d'achats à partir des données de vente d'insecticides réalisées par les vétérinaires chez lesquels un logiciel de gestion automatisée des ventes d'insecticides a été installé. Les analyses typologiques réalisées à partir de ces données de vente peuvent ainsi aider à mieux cerner l'attitude des éleveurs face au programme de lutte chimique.

Afin d'évaluer l'efficacité de la lutte contre les hémoparasitoses, un dispositif de suivi de l'infestation par les stomoxes dans 24 exploitations a été mis en place selon un protocole proposé par R. Lancelot (Lancelot, 1999). L'analyse statistique avait mis en exergue la complexité et la méconnaissance du phénomène d'infestation au sein d'un même élevage et la difficulté d'évaluer les différences inter-élevages (Messad, 2001). Nous proposons de revenir sur une partie de ces résultats en simplifiant le plan d'analyse et en faisant abstraction de la météorologie dont les données collectées au niveau communal n'étaient pas suffisamment efficaces à l'échelle de l'élevage.

2 Analyses des données de vente de produits insecticides

2.1 Les données

La lutte contre les vecteurs des hémoparasitoses passe par la sensibilisation et l'incitation des éleveurs à adopter les différents moyens de lutte à leur disposition. Le GRDSBR a initié une distribution gratuite de produits insecticides de marque Butox® en 1994 et 1995. Par la suite cet insecticide a été subventionné par l'Etat et la Région jusqu'à hauteur de 33 % aujourd'hui et distribué exclusivement par les vétérinaires. De nouveaux produits comme le Butox® 50 ‰ et Taktic® ont été subventionnés à partir de 2000 et le recours à la lutte mécanique a été initié avec la vente par le GRDSBR de kits de piégeages de stomoxes.

Un logiciel de saisie des ventes a été installé chez les vétérinaires, on dispose ainsi de l'historique des ventes sur la base des facturations où sont enregistrées les coordonnées de l'éleveur, la date d'achat, le nombre de flacons vendus. A noter également, que les ventes d'insecticides se déroulent par campagne définie du mois d'octobre de l'année n au mois de mai de l'année $n+1$.

Le travail d'analyse typologique consiste à étudier le comportement d'achat en produits insecticides des éleveurs. Les typologies tentent de cerner les grands types de comportements susceptibles de nous aider à mieux comprendre quels sont les critères qui déterminent l'achat et sa périodicité, la réactivité de l'éleveur aux campagnes de sensibilisation autour des différents moyens de lutte contre les vecteurs des hémoparasitoses. On cherche également à caractériser les profils d'achats identifiés à partir de facteurs individuels d'élevage (taille du cheptel, appartenance à un groupement professionnel), de facteurs géographiques, d'implication des éleveurs dans un autre programme de lutte contre les vecteurs (lutte biologique).

Deux périodes ont été considérées : la première qui s'étend de décembre 1995 à décembre 1999, soit cinq campagnes et la seconde de janvier 2000 à décembre 2001, soit deux campagnes. Cette seconde période voit l'introduction de la vente du Butox® 50 ‰ liquide et des kits de piégeages de mouches (lutte mécanique) qui peuvent induire des comportements d'achat différents et n'est de ce fait pas directement comparable avec la première période.

Une première analyse exploratoire a montré l'hétérogénéité des profils individuels d'achat pour la période 1. Afin de mieux comparer ces profils nous avons préféré scinder l'échantillon en deux groupes : les éleveurs « réguliers » et les éleveurs « occasionnels », les premiers ayant acheté du produit insecticide lors au moins de trois campagnes sur cinq. Cette scission de l'échantillon a été réalisée uniquement pour l'étude de la première période (décembre 1995 à décembre 1999).

Enfin, toujours par souci d'homogénéité et d'efficacité pour comparer les profils d'achat, nous avons ignoré les mois qui enregistrent un nombre très faible d'achats de produits ainsi que les éleveurs naisseurs et les éleveurs de caprins très peu nombreux dans l'échantillon. Les éleveurs qui ne le sont plus en 2001 ont également été supprimés du fichier.

Variable d'intérêt

On considère la variable : achat de produits insecticides pour le mois t , c'est-à-dire la sollicitation ou non pour un mois donné du vétérinaire par l'éleveur pour l'achat de produits

insecticides. Cette variable permet de définir et de comparer des comportements d'achat quelle que soit la taille des troupeaux considérés. Cette variable prend la valeur 0 ou 1 (absence/présence), l'éleveur ne pouvant acheter qu'une seule dose par mois calculée en fonction de la taille de son cheptel. Pour la période 2, nous n'avons pas différencié les différents produits proposés et considérés comme un achat unique, le fait de s'être procuré une dose de chaque produit.

2.2 Méthodologie d'analyse

Typologie des comportements d'achat

Les états statistiques par campagne permettent de cerner les évolutions globales d'achats des produits. Ils donnent des indications sur les volumes sans toutefois appréhender le comportement individuel d'achat des éleveurs qui peut fournir des indications importantes sur son intérêt, son implication quant au programme de lutte contre les vecteurs des hémoparasitoses. Nous avons privilégié une approche typologique grâce aux méthodes d'analyses factorielles décrites ci-dessous qui ont le double avantage, moyennant un agencement des tableaux de données, d'analyser les données de vente des produits insecticides au niveau individuel en tenant compte de leur spécificité temporelle (données mensuelles).

L'analyse factorielle des correspondances ou AFC (Lebart *et al.*, 1993) permet de dresser des cartes synthétiques d'associations entre les mois et/ou les éleveurs. Il y a association entre deux éleveurs lorsque leurs profils de distribution des achats de produits au cours des différentes campagnes sont similaires. De la même manière pour les mois des campagnes, on peut de la sorte comparer la distribution des ventes d'insecticides entre les mois.

Les méthodes de classification hiérarchique (Classification Ascendante Hiérarchique : CAH) permettent quant à elles la construction des classes d'éleveurs similaires au vu d'un ensemble de variables. Elles fournissent un ensemble de partitions et un critère de sélection de la partition optimale.

Caractérisation des différences de profils d'achats en fonction des critères exogènes :

Afin de décrire les comportements d'achats, nous avons privilégié l'approche qui consistait à décrire les classes de comportements d'achats de produit insecticide en fonction des caractéristiques des éleveurs (Tableau 1). Un test d'association du type Khi deux a permis de vérifier les disparités d'effectifs d'éleveurs dans les différentes classes de la typologie des comportements d'achat.

Une autre approche, indépendante, consiste à comparer non pas la distribution des éleveurs mais celle des achats de produit au cours de la période considérée en fonction des différents critères « éleveurs ». Les comparaisons sont munies d'un test statistique non paramétrique, le test de permutations de Mantel (Manly, 1997), qui permet de juger des différences globales de profils d'achat. En cas de test significatif, une analyse factorielle barycentrique aide à préciser la nature des différences observées.

Tableau 1. Critères de caractérisation des élevages.

| Critères | Modalités |
|--|--|
| Taille du cheptel (nombre de bovins) | 1-5 6-10 11-40 > 40 |
| Zone géographique | Plaines – Sud Hauts de l'Ouest Côte Est |
| Filière professionnelle | SICALAIT SICAREVIA Indépendant |
| Participation à la lutte biologique ¹ | Intégrée : lutte intégrée (chimique + biologique) Chimique : lutte chimique |

Les analyses ont été mises en oeuvre avec le logiciel d'analyses de données multivariées ADE-4 (Thioulouse *et al.*, 1997).

2.3 Etude des comportements d'achat de Butox® en période 1

2.3.1 Typologie des profils d'achat réguliers de Butox® en période 1.

L'analyse des 626 éleveurs sélectionnés sur la période décembre 1995 à décembre 1999 montre à la fois que les comportements d'achats se distinguent en fonction des campagnes et qu'il existe des ressemblances entre certains mois quelle que soit l'année (Figure 1). Il peut s'agir là d'un effet saisonnier. Alors qu'il semble illusoire de vouloir expliquer les différences annuelles par les différences de prix (le montant de la subvention accordé sur le prix du Butox® a diminué au cours des différentes campagnes mais de façon assez marginale), l'analyse isole le mois d'octobre, mois qui correspond au début de la campagne de lutte chimique et coïncide avec la sensibilisation des éleveurs à la prévention des risques d'hémoparasitose.

Des différences inter-annuelles de comportements existent au cours de la période 1 même si les éleveurs sélectionnés pour cette analyse ont participé à au moins 3 campagnes sur 5, sélection d'éleveurs qui aurait *a priori* dû minimiser cet effet.

¹ pas de lutte biologique avant 2000, ce critère sera mis en relation uniquement avec les comportements d'achats de la période 2.

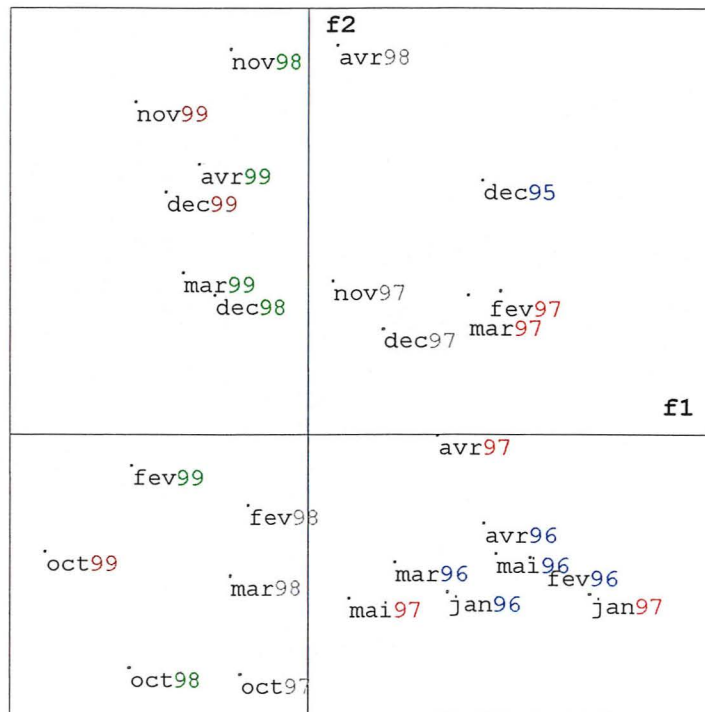


Figure 1. Plan factoriel 1-2 de l'AFC des profils d'achats réguliers de Butox® pour la période 1. Représentation des mois/campagne.

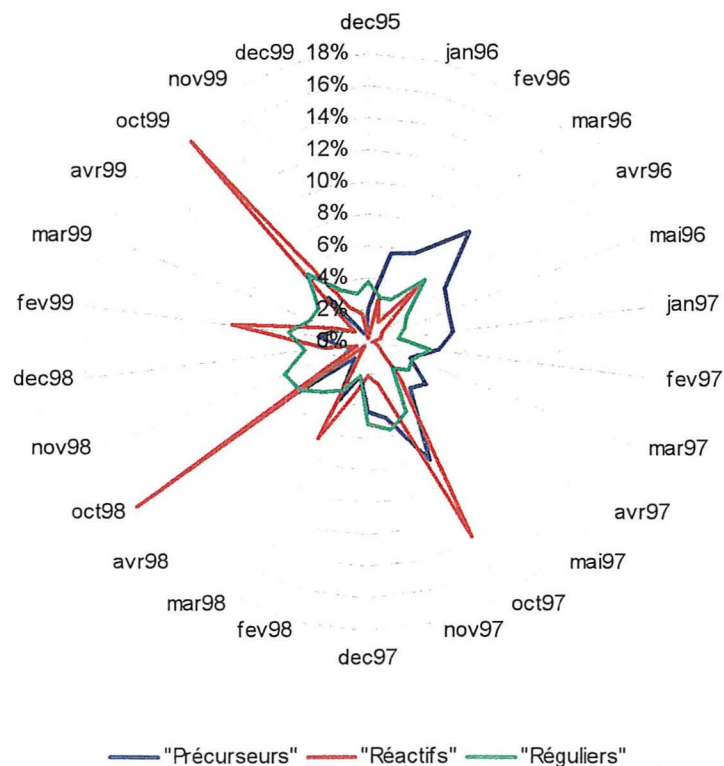


Figure 2. Répartition (en %) des achats de Butox® au cours de la période 1 en fonction des profils types de comportements d'achats réguliers.

La Figure 2 synthétise les résultats de la typologie des comportements d'achats des éleveurs considérés « réguliers » lors des campagnes de lutte de la première période. Trois classes d'éleveurs ont été identifiées qui ont tout de même en commun une certaine réactivité en octobre, mois de début de chaque campagne de distribution du produit et de sensibilisation à la lutte contre les vecteurs des hémoparasitoses.

Classe 1 : « Précurseurs » ² (210)³

Les achats de Butox® se concentrent essentiellement lors des premières campagnes en 1996 et 1997. Au-delà de décembre 1997, les achats ont enregistré une baisse constante.

Classe 2 : « Réactifs » (115)

Il s'agit du groupe d'éleveurs qui a surtout réagit au début de chaque campagne de lutte. On peut penser que cette réaction est fortement liée aux messages radiophoniques opérés au même moment. Il apparaît également que les réactions sont de plus en plus importantes au cours de la période, l'effet de la sensibilisation portant ses fruits après deux campagnes.

Classe 3 : « Réguliers » (301)

Les plus réguliers parmi les réguliers dont les achats se répartissent assez équitablement sur toute la période. Aucune tendance à l'augmentation ou la diminution du nombre d'achat de Butox® sur la période n'a été observée. Il s'agit des éleveurs qui ont une action de lutte très soutenue tout au long de l'année et donc qui pourraient être les plus confrontés aux problèmes d'infestation et/ou aux cas d'hémoparasitoses.

Description des classes en fonction des caractéristiques des éleveurs

Les types de comportements d'achats mis en évidence expliquent la diversité des comportements des éleveurs face à la lutte chimique. Il restait à vérifier si des types d'élevages particuliers basés sur des critères objectifs permettaient d'expliquer ces comportements d'achats différenciés.

La description des classes de la typologie des comportements d'achats en fonction de la distribution de chaque type d'éleveurs (Tableau 3) et le test associé (Tableau 2) montrent que les « réactifs » concernent surtout les élevages de faible taille et non adhérents à une filière, caractéristiques par ailleurs liées. Il n'y a pas de différenciation selon la zone géographique.

Tableau 2. Résultats des tests du khi deux : distribution des éleveurs en fonction de leurs caractéristiques dans les classes de la typologie de comportements d'achats réguliers.

| Caractéristiques éleveurs vs Typologie profils achats réguliers, test Khi deux | |
|--|---------|
| | p.value |
| Taille du cheptel | <0.001 |
| Zone géographique | 0.19 |
| Filière | <0.001 |

² Les adjectifs qualifiant les types facilitent la lecture des graphiques qui illustrent les résultats des différentes typologies.

³ Effectif de la classe.

Tableau 3. Distribution (en %) des effectifs d'éleveurs selon la typologie des comportements d'achats réguliers en fonction de la taille du cheptel, de la zone et de la filière.

| Profils comportement d'achat | Taille du cheptel | | | | Total |
|------------------------------|-------------------|------|-------|------|-------|
| | 1-5 | 6-10 | 11-40 | > 40 | |
| « Précurseurs » | 39 | 19 | 24 | 18 | 100 |
| « Réactifs » | 57 | 23 | 15 | 5 | 100 |
| « Réguliers » | 33 | 19 | 28 | 20 | 100 |

| Profils comportement d'achat | Zone géographique | | | Total |
|------------------------------|-------------------|------------------|----------|-------|
| | Plaines-Sud | Hauts de l'Ouest | Côte Est | |
| « Précurseurs » | 64 | 12 | 24 | 100 |
| « Réactifs » | 59 | 21 | 20 | 100 |
| « Réguliers » | 58 | 19 | 24 | 100 |

| Profils comportement d'achat | Filière | | | Total |
|------------------------------|----------|-----------|-------------|-------|
| | SICALAIT | SICAREVIA | Indépendant | |
| « Précurseurs » | 10 | 23 | 67 | 100 |
| « Réactifs » | 8 | 9 | 83 | 100 |
| « Réguliers » | 19 | 14 | 67 | 100 |

Relations entre les caractéristiques des élevages et la distribution des achats de Butox®

Tableau 4. Résultats des test de Mantel. Mise en relation des caractéristiques des élevages et de la distribution des achats réguliers de Butox® en période 1.

| Critères | Test de Mantel, p.value |
|-------------------|-------------------------|
| Taille du cheptel | 0.97 |
| Zone géographique | 0.97 |
| Filière | 0.99 |

ns : non significatif

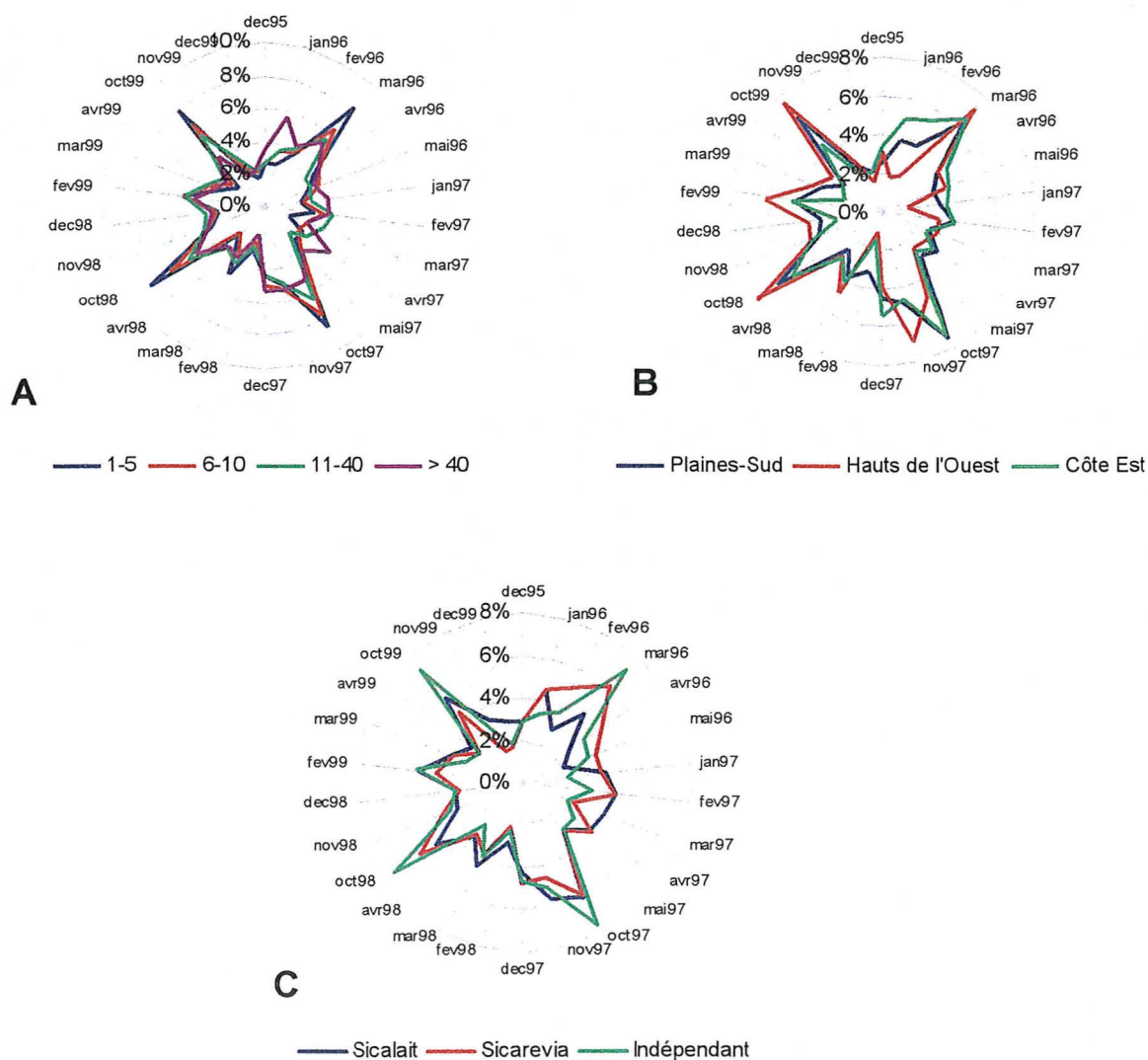


Figure 3. Répartition (en %) des achats réguliers de Butox® au cours de la période 1 en fonction de la taille du cheptel (A), de la zone géographique (B) et de la filière (C) de l'éleveur.

Aucune différenciation des profils d'achats de produit insecticide selon les diverses caractéristiques « éleveur » (Figure 3) n'est observée. Il existe quelques nuances au début de la première campagne de lutte chimique mais aucuns profils ne se distinguent globalement sur l'ensemble de la période 1. Ce résultat confirmé par les tests (Tableau 4) montre que se sont les comportements individuels qui prévalent. Il n'y a pas d'homogénéité des comportements d'éleveurs qui possèdent les mêmes tailles de cheptel ou qui appartiennent à une même zone agro-climatique ou une même filière.

Ce résultat n'est pas contradictoire avec la description précédente des classes de la typologie, en effet nous nous intéressons ici et tentons de comparer les distributions des achats sur toute la période 1 en fonction des types d'éleveurs. On montre que parmi les « réactifs » on trouve une majorité d'éleveurs indépendants mais le profil (en %) de répartition du nombre d'achats de Butox® des éleveurs indépendants n'est en moyenne pas différent de ceux des autres catégories.

2.3.2 Typologie des profils d'achat occasionnels de Butox® en période 1.

Les 1271 éleveurs dits « occasionnels » correspondent à ceux qui ont participé à moins de trois campagnes de lutte sur les cinq qu'en compte la première période. L'analyse factorielle des profils d'achat individuel (Figure 4) montre une forte différenciation inter-campagne. Ceci signifie que la plupart du temps les éleveurs réitèrent leurs achats de Butox® dans une même campagne à l'exception des campagnes 1998 et 1999 où l'on a vu apparaître les mêmes éleveurs.

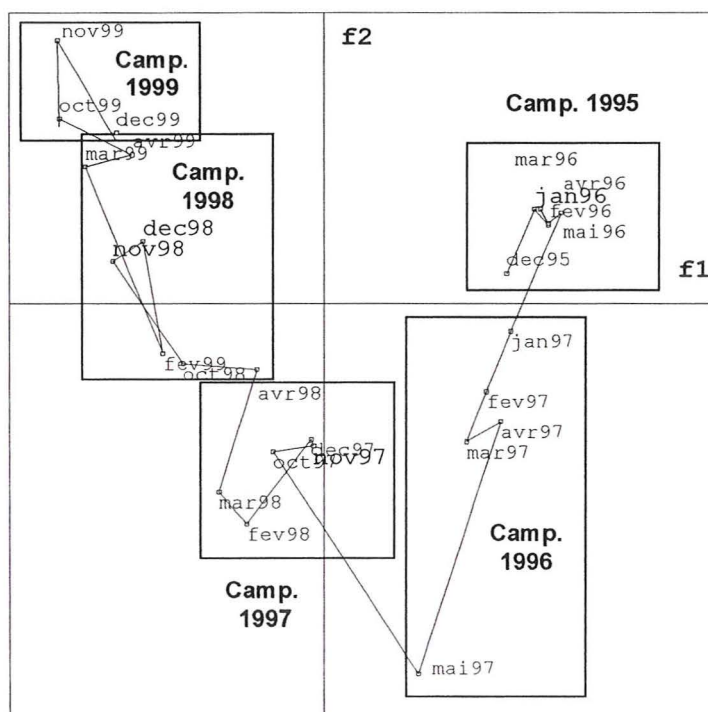


Figure 4. Plan factoriel 1-2 de l'AFC des profils d'achat Butox® au cours de la période 1 des éleveurs « occasionnels ». Représentation des mois/campagne.

Une typologie en trois classes permet de résumer les différents comportements dans cette population d'éleveurs (Figure 5). On montre que la réactivité des éleveurs au mois d'octobre reste vraie quelle que soit la campagne. Le type « réactifs 1997 » accuse une forte demande de Butox® en mars 1997 sans que cela ne puisse être expliqué. Au total cette population est pour la majorité constituée d'éleveurs indépendants et possédant des petits cheptels qu'ils traitent de façon épisodique. Aucune différenciation nette de la distribution (en proportion) des types d'éleveurs dans les classes de comportements n'est mise en évidence (Tableau 6 et Tableau 7).

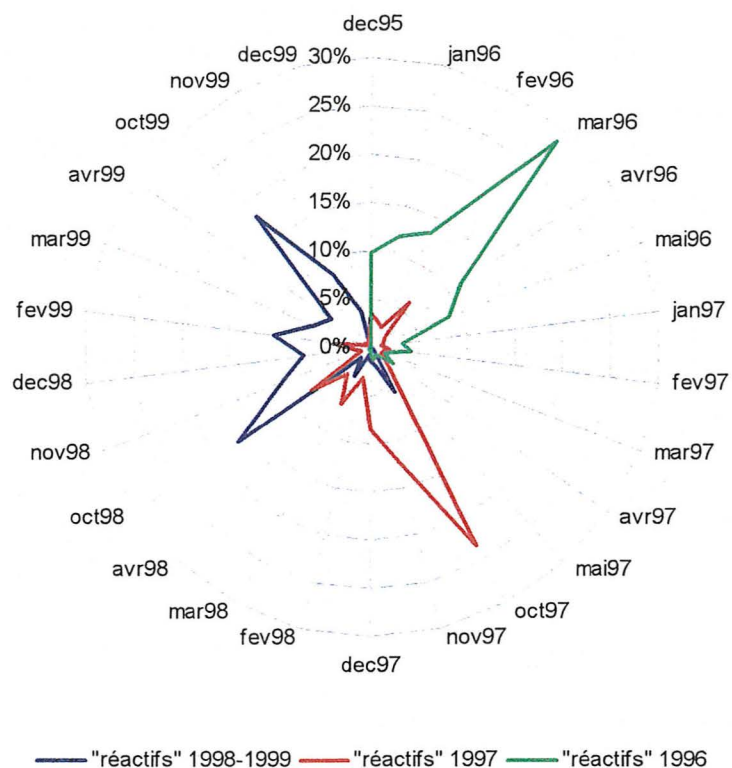


Figure 5. Répartition (en %) des achats occasionnels de Butox® au cours de la période 1 en fonction des profils types de comportements.

Description des classes en fonction des caractéristiques des éleveurs

Tableau 5. Répartition des effectifs des profils de comportements d'achats occasionnels en période 1.

| Profils comportement d'achat | Effectif |
|------------------------------|----------|
| « réactifs 1998-1999 » | 432 |
| « réactifs 1997 » | 455 |
| « réactifs 1996 » | 383 |

Tableau 6. Résultats des tests du khi deux : distribution des éleveurs en fonction de leurs caractéristiques dans les classes de la typologie de comportements d'achats occasionnels.

| Caractéristiques éleveurs vs Typologie profils achats occasionnels, test Khi deux | |
|---|---------|
| | p.value |
| Taille du cheptel | 0.77 |
| Zone géographique | 0.08 |
| Filière | 0.02 |

Tableau 7. Distribution (en %) des effectifs d'éleveurs selon la typologie des comportements d'achat occasionnels en fonction de la taille du cheptel, de la zone et de la filière.

| Profils comportement d'achat | Taille du cheptel | | | | Total |
|------------------------------|-------------------|------|-------|------|-------|
| | 1-5 | 6-10 | 11-40 | > 40 | |
| « réactifs 1998-1999 » | 60 | 20 | 16 | 4 | 100 |
| « réactifs 1997 » | 63 | 18 | 15 | 4 | 100 |
| « réactifs 1996 » | 61 | 19 | 14 | 6 | 100 |

| Profils comportement d'achat | Zone géographique | | | Total |
|------------------------------|-------------------|------------------|----------|-------|
| | Plaines-Sud | Hauts de l'Ouest | Côte Est | |
| « réactifs 1998-1999 » | 51 | 25 | 23 | 100 |
| « réactifs 1997 » | 56 | 20 | 24 | 100 |
| « réactifs 1996 » | 49 | 28 | 23 | 100 |

| Profils comportement d'achat | Filière | | | Total |
|------------------------------|----------|-----------|-------------|-------|
| | SICALAIT | SICAREVIA | Indépendant | |
| « réactifs 1998-1999 » | 6 | 5 | 89 | 100 |
| « réactifs 1997 » | 5 | 9 | 85 | 100 |
| « réactifs 1996 » | 5 | 11 | 83 | 100 |

Relations entre les caractéristiques des élevages et la distribution des achats de Butox®

De la même manière que pour les « réguliers », aucune différence significative entre les distributions d'achats de Butox® n'est observée entre les catégories d'éleveurs (Tableau 8).

Tableau 8. Résultats des tests de Mantel. Mise en relation des caractéristiques des élevages et de la distribution des achats occasionnels de Butox® en période 1.

| Critères | Test de Mantel, p.value |
|-------------------|-------------------------|
| Taille du cheptel | 0.99 |
| Zone géographique | 0.54 |
| Filière | 0.98 |

2.4 Etude des comportements d'achat de produits insecticides en période 2

Nous avons considéré pour la période 2 définie entre janvier 2000 à décembre 2001, les 1096 éleveurs ayant acheté au moins une fois un des produits insecticides suivants : Butox®, Butox® 50 %, Taktic®. Le programme de lutte chimique s'accompagnait également du programme de lutte mécanique avec la distribution par le GRDSBR de kits de piégeage de mouches.

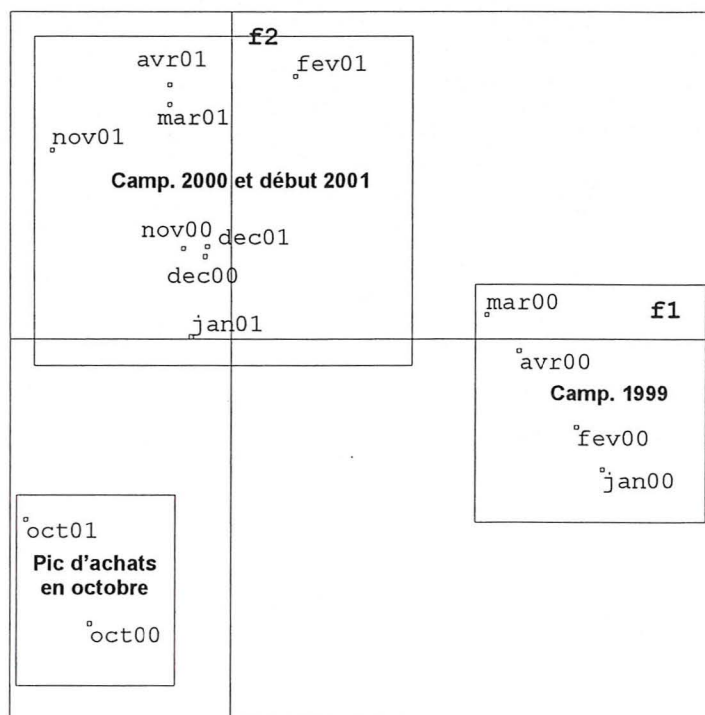


Figure 6. Plan factoriel 1-2 de l'AFC des profils d'achat d'insecticide au cours de la période 2. Représentation des mois/campagne.

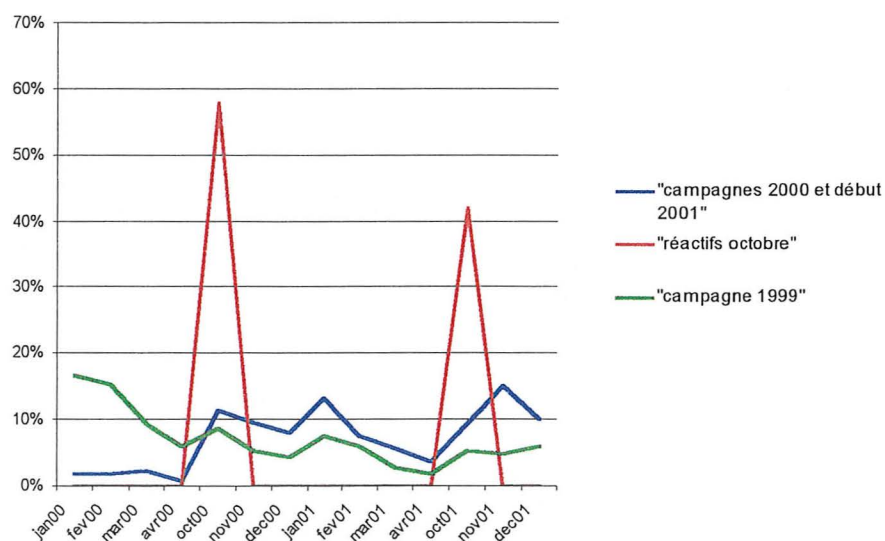


Figure 7. Profils de répartition (en %) des achats produits insecticides au cours de la période 2 en fonction des comportements types.

L'AFC des profils individuels d'achats (Figure 6 et Figure 7) montre que cette période définit des comportements assez bien différenciés :

Classe 1 : « campagnes 2000 et début 2001 » (620)

Des achats d'insecticides qui se répartissent d'octobre 2000 jusqu'à la fin de la période se maintenant à un niveau constant malgré les sursauts en janvier et novembre 2001.

Classe 2 : « réactifs octobre » (159)

Il s'agit des éleveurs venus s'approvisionner en produits insecticides de façon ponctuelle en octobre 2000 et/ou en octobre 2001. Il faut préciser que le mois d'octobre 2000 a été celui de la diffusion d'un spot télévisuel de sensibilisation à la lutte contre les vecteurs dont l'impact semble confirmé ici.

Classe 3 : « campagne 1999 » (317)

Ce groupe d'éleveurs enregistre des achats successifs en début de période (à partir de janvier 1999), une fréquence d'achats qui a plutôt tendance à diminuer sur la période 2.

Même si le phénomène de traitement/achat épisodique, notamment en début de campagne, existe toujours après plusieurs années de vente des produits insecticides, il semble que les achats se répartissent mieux ou peut être de façon plus raisonnée dans la seconde période. Ceci pourrait être le signe d'une prise de conscience de la part des éleveurs de l'importance du traitement contre les risques d'hétoparasitoses.

Description des classes en fonction des caractéristiques des éleveurs

Tableau 9. Résultats des tests du khi deux : distribution des éleveurs en fonction de leurs caractéristiques dans les classes de la typologie de comportements d'achats en période 2.

| Caractéristiques éleveurs vs Typologie profils achats période 2, test Khi deux | |
|--|---------|
| | p.value |
| Taille du cheptel | 0.001 |
| Zone géographique | 0.05 |
| Filière | 0.001 |
| Lutte biologique | 0.003 |
| Achat de pièges | 0.11 |
| Comportement période 1 | <0.001 |

Tableau 10. Distribution (en %) des effectifs d'éleveurs selon la typologie des comportements d'achat en période 2 en fonction de la taille du cheptel, de la zone, de la filière, de la participation au programme de lutte biologique, d'achat de pièges (lutte mécanique) et du comportement d'achats en période 1.

| Profils comportement d'achat | Taille du cheptel | | | | Total |
|----------------------------------|-------------------|------|-------|------|-------|
| | 1-5 | 6-10 | 11-40 | > 40 | |
| « campagnes 2000 et début 2001 » | 50 | 19 | 21 | 10 | 100 |
| « réactifs octobre » | 63 | 19 | 14 | 4 | 100 |
| « campagne 1999 » | 44 | 16 | 24 | 15 | 100 |

| Profils comportement d'achat | Zone géographique | | | Total |
|----------------------------------|-------------------|------------------|----------|-------|
| | Plaines-Sud | Hauts de l'Ouest | Côte Est | |
| « campagnes 2000 et début 2001 » | 54 | 24 | 22 | 100 |
| « réactifs octobre » | 53 | 23 | 23 | 100 |
| « campagne 1999 » | 51 | 19 | 31 | 100 |

| Profils comportement d'achat | Filière | | | Total |
|----------------------------------|----------|-----------|-------------|-------|
| | SICALAIT | SICAREVIA | Indépendant | |
| « campagnes 2000 et début 2001 » | 9 | 13 | 78 | 100 |
| « réactifs octobre » | 5 | 9 | 86 | 100 |
| « campagne 1999 » | 15 | 13 | 71 | 100 |

| Profils comportement d'achat | Lutte biologique | | Total |
|----------------------------------|------------------|----------|-------|
| | chimique | intégrée | |
| « campagnes 2000 et début 2001 » | 97 | 3 | 100 |
| « réactifs octobre » | 99 | 1 | 100 |
| « campagne 1999 » | 92 | 8 | 100 |

| Profils comportement d'achat | Achat de pièges | | Total |
|----------------------------------|-----------------|-----------|-------|
| | aucun | 1 ou plus | |
| « campagnes 2000 et début 2001 » | 94 | 6 | 100 |
| « réactifs octobre » | 96 | 4 | 100 |
| « campagne 1999 » | 91 | 9 | 100 |

| Profils comportement d'achat | Comportement période 1 | | | Total |
|----------------------------------|------------------------|------------------|---------------------|-------|
| | « réguliers » | « occasionnels » | absent en période 1 | |
| « campagnes 2000 et début 2001 » | 37 | 37 | 27 | 100 |
| « réactifs octobre » | 28 | 50 | 22 | 100 |
| « campagne 1999 » | 51 | 37 | 13 | 100 |

La répartition en fonction de la taille du cheptel et de la filière du groupe « campagnes 2000 et début 2001 » montre que les caractéristiques de ce groupe sont semblables avec celles du groupe 3 « campagne 1999 ». C'est un groupe particulièrement intéressant dans la mesure où les ventes d'insecticides se maintiennent assez fortement dans les derniers mois de la dernière campagne étudiée, qu'il compte parmi ses rangs un nombre non négligeable d'éleveurs qui n'étaient pas présents lors des campagnes de la période 1 et que tout ceci coïncide avec le lancement de campagne de sensibilisation télévisuelle.

Parmi les éleveurs du groupe « réactifs octobre », on compte une bonne partie des éleveurs aux pratiques d'achats occasionnels en période 1. Les comportements n'ont finalement pas été bouleversés puisqu'il s'agit toujours majoritairement d'éleveurs indépendants avec des petits troupeaux, groupe qui n'achète qu'épisodiquement de l'insecticide.

Le groupe 3 « campagne 1999 » forme un groupe d'éleveurs qui achetaient assez régulièrement du Butox® lors de la période 1. Ils possèdent les troupeaux les plus importants, la filière SICALAIT étant bien représentée dans ce groupe. Il compte également la proportion la plus importante de participants à la lutte intégrée comparativement à celle qui ne pratique que la lutte chimique.

Relations entre les caractéristiques des élevages et la distribution des achats de Butox®

La comparaison des distributions d'achats de Butox en fonction des facteurs « éleveurs » n'indique pas de différences significatives (Tableau 11). L'approche grâce à la variable : nombre d'achats de produits insecticides par mois, exprimée sous forme de distribution de fréquences relatives (voir Figure 3 pour une illustration graphique) n'a pas montré de différences significatives pour aucune des périodes ou groupes d'éleveurs.

Tableau 11. Résultats des tests de Mantel. Mise en relation des caractéristiques des élevages et de la distribution des achats de produits insecticides en période 2.

| Critères | Test de Mantel, p.value |
|------------------------|-------------------------|
| Taille du cheptel | 0.99 |
| Zone géographique | 0.98 |
| Filière | 0.98 |
| Lutte biologique | 0.99 |
| Achat de pièges | 0.99 |
| Comportement période 1 | 0.91 |

2.5 Analyse des relations entre occurrences d'hétoparasitose et achat d'insecticide chez les éleveurs de la zone des plaines.

L'analyse des relations entre le comportement d'achat de l'éleveur et les occurrences d'hétoparasitose a été réalisée à partir d'un échantillon de 44 éleveurs de la zone des plaines ayant observé au moins un cas d'hétoparasitose au cours de la période 2 (cas avéré après analyse sérologique ou frottis sanguin sur déclaration ou après autopsie du vétérinaire, données RESIR⁴). De la même manière que pour les données d'achats d'insecticides, nous ne tenons pas compte du nombre de cas déclarés par élevage et avons préféré raisonner sur l'apparition ou non d'au moins un cas d'hétoparasitose. Il s'agit donc de l'analyse de deux tableaux binaires avec éleveurs en lignes et les mois calendaires en colonnes qui couvrent les campagnes 2001 et les trois premiers mois de la campagne 2002.

L'objectif principal consiste à montrer la simultanéité mensuelle des achats de produits insecticides et donc du traitement des animaux avec celle de l'apparition de cas d'hétoparasitose au cours des campagnes considérées. Nous avons choisi de comparer les profils temporels de comportements d'achats des éleveurs avec leurs profils mensuels de déclaration de cas d'hétoparasitose. L'analyse de co-inertie (Tucker 1958, Chessel & Mercier, 1993) permet d'évaluer la relation entre les deux séries de profils binaires en sélectionnant les mois et les éleveurs qui observent une simultanéité entre le comportement d'achat et l'apparition de la maladie.

Une première synthèse à l'échelle mensuelle montre une relative bonne correspondance entre le nombre d'achats de produits insecticides et l'apparition de nouveaux cas d'hétoparasitose (Figure 8) même si d'autres phénomènes indépendants du fait de traiter les animaux peuvent concourir à diminuer l'occurrence des maladies. C'est particulièrement vrai pour les premiers mois de campagne de lutte où une proportion de 20 % des éleveurs se procurent du produit insecticide et maintiennent une fourchette qui varie entre 1 et 5 cas.

L'examen de la répartition des éleveurs en fonction du nombre d'achats et du nombre de cas apparus au cours de la période (Tableau 12) ne semble pas indiquer d'association franche. La relation est plus difficile à percevoir si l'on considère les comportements individuels des

⁴ RESIR : Réseau d'Epidémiologie-Surveillance de l'Ile de la Réunion

éleveurs, ce que confirment les résultats de l'analyse de co-inertie qui ne permet pas de dégager une structure commune entre les deux tableaux (test d'existence d'une co-structure à l'aide du test de permutations de Mantel, $p=0.55$).

Au même titre que pour l'analyse des données d'infestation des élevages par les mouches, il reste très difficile de rendre compte de la variation inter-éleveur. Beaucoup de facteurs restent incontrôlés et vraisemblablement le lien entre comportement individuel vis-à-vis de la lutte chimique et maladie est difficile à cerner uniquement avec les données de vente d'insecticides.

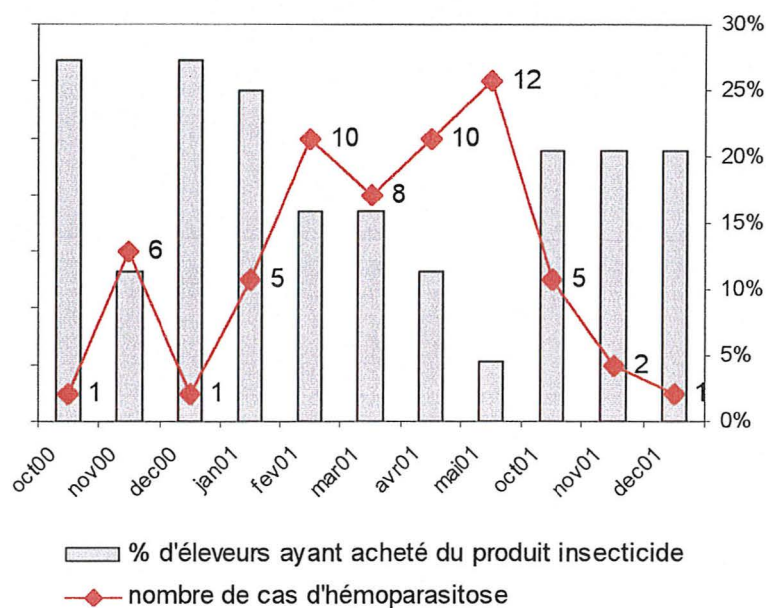


Figure 8. Comparaison mensuelle de la proportion d'acheteurs de produits insecticides et du nombre de cas d'hémoparasitose chez 44 éleveurs de la zone des plaines.

Tableau 12. Répartition des 44 éleveurs en fonction du nombre d'achats et du nombre de cas d'hémoparasitose au cours de la période.

| Nombre d'achats d'insecticide/éleveur | Nombre de cas d'hémoparasitose/éleveur | | |
|---------------------------------------|--|-----------|-------|
| | 1 cas | 2 à 6 cas | Total |
| Aucun achat | 8 | 3 | 11 |
| 1-2 | 17 | 2 | 19 |
| 3 et plus | 10 | 4 | 14 |
| Total | 35 | 9 | 44 |

3 Analyse des données entomologiques du suivi en ferme (SEF 2000)

Le suivi entomologique en ferme (SEF) réalisé en 2000 dans 24 élevages avait été originellement mis en place pour évaluer l'efficacité de la lutte biologique contre les populations de stomoxes. L'idée que l'infestation pouvait être reliée directement à l'incidence des hémoparasitoses dans les élevages réunionnais avait conduit à réaliser le suivi d'un échantillon de 24 exploitations pendant une année qui a permis de récolter par piégeage des données hebdomadaires d'infestation de mouches.

Ces données ont été appariées à un certain nombre de facteurs exogènes potentiellement responsables des variations d'infestation. La complexité des chroniques d'infestation et la multiplicité des facteurs de variation nous ont conduits à une première approche statistique exploratoire qui a permis de focaliser notre attention sur les aspects les plus importants de l'infestation des exploitations par les mouches stomoxes : le niveau global d'infestation de l'élevage, les pratiques de gestion du fumier et l'intensité de la lutte chimique.

Aucun modèle statistique d'inférence n'a pu être testé car la multiplicité des facteurs « élevages » ainsi que des facteurs environnementaux (météorologie) et la complexité des liens qu'ils entretiennent avec le niveau d'infestation rendaient très difficile la quantification de leur rôle respectif et notamment dans l'évaluation de l'efficacité de la lutte biologique.

Cette nouvelle analyse se veut moins ambitieuse dans le sens où l'infestation est désormais considérée à l'échelle mensuelle alors qu'elle avait précédemment été au niveau hebdomadaire. La météorologie n'est alors envisagée qu'au travers de ses grandes tendances, c'est-à-dire les saisons. Nous faisons abstraction de l'environnement pour deux raisons principales :

- la faiblesse des connaissances entre température, humidité et niveau d'infestation,
- le niveau de précision d'un certain nombre de piégeages qui, laissés sans visite plus de 5 jours, ont pu sous-estimer le nombre de mouches et ainsi biaiser l'évaluation de l'effet de la pluviométrie par exemple.

La construction d'un plan plus simple peut aider à contrer un certain nombre de ces difficultés. L'objectif de cette analyse reste le même, à savoir évaluer l'effet de la lutte biologique sur le niveau d'infestation des élevages.

Le plan d'analyse

Il est nécessaire de simplifier le plan d'analyse afin de pouvoir évaluer l'effet de la lutte chimique sur le niveau d'infestation des élevages. Cette simplification autorisera en effet l'utilisation des modèles linéaires mixtes (Pinheiro & Bates, 2000) qui permettent de tenir compte d'une variabilité complexe et insuffisamment captée par les seuls facteurs élevage et leurs combinaisons dont nous disposons.

Cette simplification recouvre une stratégie d'analyse dont le plan est présenté dans le Tableau 13 :

- nous avons choisi de travailler sur les cumuls mensuels du nombre de mouches capturées par piégeage dans chacune des 24 exploitations,
- l'observation de l'évolution des captures mensuelles de stomoxes durant le suivi (Figure 9) montre un niveau d'infestation plus faible au début de l'opération et un plateau entre décembre 1999 et juillet 2000. Afin d'éliminer l'effet saisonnier éventuel, nous

choisissons de limiter l'analyse à la période d'infestation moyenne constante. A noter que la variation mensuelle de cette infestation semble également être constante (Figure 10).

- le regroupement utile des modalités pour certains facteurs comme la typologie des pratiques de gestion des effluents (réduit à 3 classes) ou le nombre de traitements insecticides (réduit à 2 classes),
- le plan d'observation originel ne permet pas de tester les facteurs fixes mais surtout les interactions nombreuses qui semblent jouer un rôle très important dans ces phénomènes d'infestation. L'utilisation d'un facteur aléatoire qui prenne en compte une partie des différences inter-élevages autorise l'utilisation d'un modèle à composante fixe plus simple.

Tableau 13. Plan d'analyse « simplifié » de l'efficacité de la lutte contre les vecteurs des hémoparasitoses.

| Facteurs | Modalités |
|---|---|
| Typologie des pratiques de gestion des effluents ⁵ | C13 : Elevages en zone urbaine et présence d'autres cultures à proximité ; Faible nettoyage des fosses et manque de maîtrise des effluents C2 : Présence de fosse de grande taille, fumier aux abords des bâtiments C4 : Petits troupeaux. Pas de fosse bétonnée mais nettoyage soigné des bâtiments. |
| Nombre de traitements insecticides (Butox®) | 1: 1 à 2 traitement(s) dans la période d'étude 3 : 5 à 8 traitements dans la période d'étude |
| Lutte biologique | 1: lutte chimique 2: lutte intégrée |

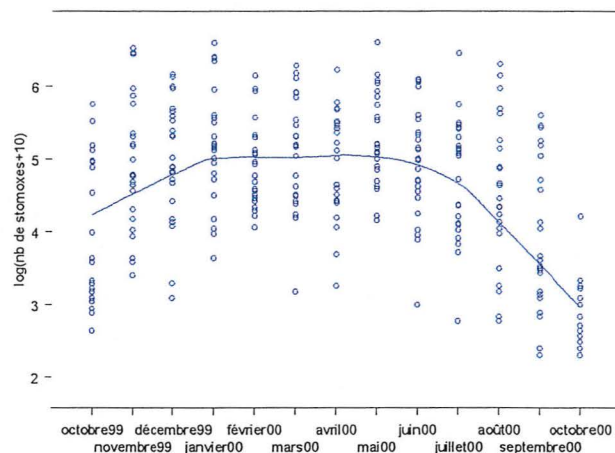


Figure 9. Evolution mensuelle du nombre de stomoxes capturés entre octobre 1999 et octobre 2000. L'évolution moyenne est le résultat d'un lissage ou régression du type loess.

⁵ La typologie des pratiques de gestion des effluents pourrait être améliorée si elle pouvait à la fois tenir compte des aspects humains (type d'installation, propreté des bâtiments) et d'éléments physiques (hauteur de l'herbe, présence de végétation dans la fosse, présence de croûtes par exemple) qui puissent aider à mieux définir un système à risque.

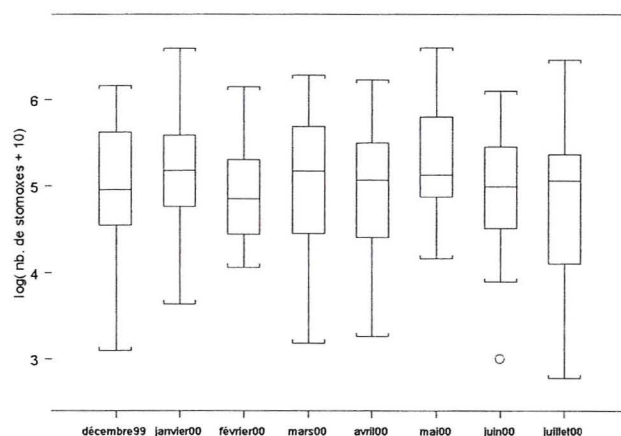


Figure 10. Variation mensuelle du nombre de stomoxes capturés dans la période d'étude (décembre 1999 à juillet 2000).

Tableau 14. Estimations avec la méthode REML⁶ et intervalles de confiance des paramètres fixes et aléatoires du modèle linéaire mixte de l'infestation par les stomoxes de 24 élevages (192 observations).

| Facteurs effets fixes | Estimation | Intervalle de confiance 95% | | p.value (F test) |
|--|-------------|-----------------------------|-------------|------------------|
| Intercept | 5.02 | 5.59 | 6.15 | <0.001 |
| Gestion effluents (C2) | -1.27 | -0.45 | 0.38 | 0.10 |
| Gestion effluents (C4) | -2.35 | -1.08 | 0.19 | |
| Traitement insecticide (3-5) | -1.88 | -1.05 | -0.22 | 0.24 |
| Lutte biologique (intégrée) | -1.29 | -0.50 | 0.28 | 0.97 |
| Gestion effluents (C2) x Traitement insecticide (3-5) | 0.16 | 1.27 | 2.39 | 0.06 |
| Gestion effluents (C4) x Traitement insecticide (3-5) | -0.84 | 0.94 | 2.72 | |
| Gestion effluents (C2) x Lutte biologique (intégrée) | -0.86 | 0.25 | 1.37 | 0.88 |
| Gestion effluents (C4) x Lutte biologique (intégrée) | -1.18 | 0.57 | 2.34 | |
| Traitement insecticide (3-5) x Lutte biologique (intégrée) | -0.37 | 0.64 | 1.66 | 0.19 |

| Effet aléatoire élevage | Estimation | Intervalle de confiance 95% | |
|--------------------------|--------------|-----------------------------|--------------|
| Erreur(intercept) | 0.487 | 0.319 | 0.743 |
| Erreur résiduelle | 0.510 | 0.459 | 0.568 |

Le Tableau 14 présente les résultats de l'analyse par le modèle linéaire mixte de 192 observations d'infestation dans 24 élevages entre les mois de décembre 1999 et juillet 2000. Une transformation log+10 a été appliquée à la variable : nombre de stomoxes mensuels afin de normaliser sa distribution. Les hypothèses de normalité des résidus et des composantes aléatoires élevage ont été validées graphiquement.

La proportion de variance captée par la partie aléatoire (Dohoo *et al.*, 2001) (en gras dans la partie « Effet aléatoire » du Tableau 14) montre l'importance des différences inter-élevages non liées aux pratiques de gestion des effluents et de lutte contre les vecteurs. Ce résultat

⁶ REML : Restricted Estimation Maximum Likelihood.

est confirmé par le fait que les diagnostics des résidus de ce modèle sont bien meilleurs que ceux du modèle estimé sans composante aléatoire.

Aucun effet principal n'apparaît significatif ce qui montre la complexité des phénomènes de dynamique de ces populations d'insectes. Sans tenir compte de facteurs qu'il est difficile de prendre en compte de manière simple dans ce type de modèle (la météorologie notamment mais également d'autres facteurs inter-élevage et leurs interactions), la hiérarchisation des facteurs susceptibles d'agir sur l'infestation est délicate. La difficulté peut également provenir de la « simplification » du plan d'analyse et de l'échelle mensuelle d'analyse qui peut niveler les différences.

L'interaction traitement insecticide et lutte biologique n'est pas confirmée sur cette période d'étude alors que la première étude exploratoire menée à l'échelle hebdomadaire (Messad, 2001) semblait faire apparaître des niveaux d'infestation différenciés pour la combinaison : 3-4 traitements insecticides x lutte biologique.

La Figure 11 illustre le résultat du test de la combinaison type de gestion des effluents et nombre de traitements insecticides qui s'est révélé tout juste significatif (en gras dans le Tableau 14). Pour les niveaux de lutte chimique « 1-2 », les types C2 et C13 se distinguent du type C4 moins touché en moyenne par les stomoxes.

Le type à risque C2 voit son niveau d'infestation augmenter considérablement lorsque la lutte est plus intense. Deux raisons peuvent être avancées :

- la cause et l'effet peuvent ici se confondre dans le sens où c'est l'augmentation du nombre de stomoxes qui peut inciter l'éleveur à traiter ses animaux,
- il est possible qu'un élevage conserve un niveau d'infestation important alors que les bovins sont protégés contre les stomoxes. Ces derniers continuent à être capturés, le piégeage n'étant alors plus représentatif de la gêne et la nuisance occasionnées aux animaux.

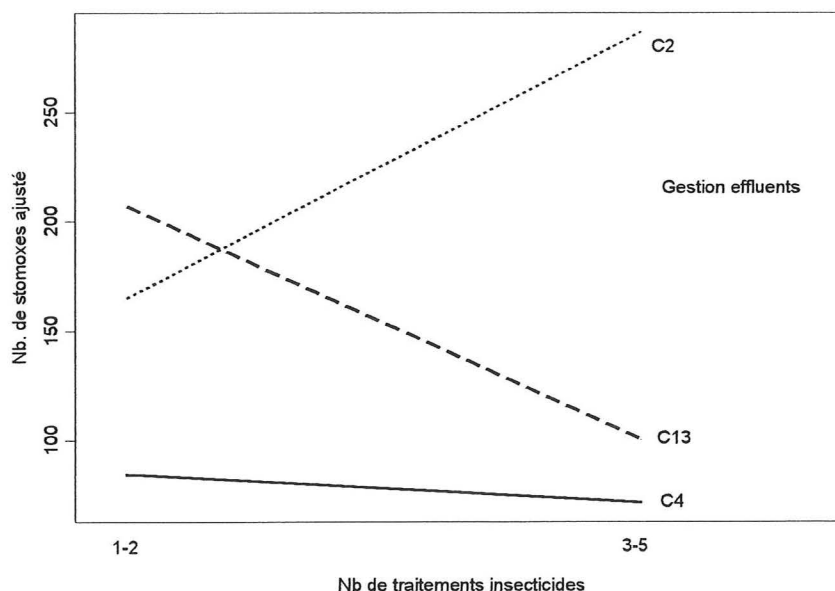


Figure 11. Représentation des moyennes du nombre de stomoxes ajustées par le modèle en fonction du type de gestion des effluents et du nombre de traitements insecticides.

4 Conclusion

La typologie des comportements d'achat a permis de mettre en évidence la diversité des comportements des éleveurs face aux campagnes de lutte chimique successives proposées par le groupement de défense sanitaire de l'île de la Réunion. Hormis le distinguo entre achats réguliers et occasionnels nous avons pu mettre en évidence la réactivité des éleveurs au mois d'octobre, début de la campagne de lutte et de sensibilisation. Nous avons également pu observer à partir de 2000 (période 2) une répartition moins épisodique des achats parmi les éleveurs les moins réguliers et ceux qui n'avaient jamais participé à aucune campagne de lutte, ceci coïncidant avec le lancement des messages télévisuels de sensibilisation. La tendance à l'individualisation des comportements d'achats semble confirmée par le fait que l'étude de la répartition des achats en fonction des différents facteurs a rarement montré de différenciation significative.

La Figure 8 conforte le GRDSBR dans son programme de lutte chimique puisqu'elle montre que globalement le nombre de cas mensuels d'hémoparasitose diminue lorsque la proportion d'éleveurs ayant acheté du produit augmente. Malheureusement cette tendance n'a pas pu être étayée par une mise en relation du comportement d'achat individuel et l'occurrence de la maladie dans les élevages. Il reste donc très difficile de hiérarchiser les facteurs individuels de l'occurrence des hémoparasitoses tout comme celle de l'infestation par les stomoxes. Au final, cette étude a tenté de mieux cerner les comportements individuels de lutte et donc l'attitude des éleveurs face au programme proposé par le POSEIDOM.

5 Bibliographie

- Chessel D., Mercier P., 1993. Couplage de triplets statistiques et liaisons espèces-environnement. *In*: Biométrie et environnement. Lebreton, J.D. & Asselain, B. (Eds), Masson, Paris. 15-44
- Chessel D., Thioulouse J., Dolédec S., Olivier J.M., 1997. Co-inertia. *In*: Fiches modules IV, Couplages et Contraintes. Institut d'analyse des systèmes Biologiques et Socio-Economiques, Université Claude Bernard Lyon 1.
- De La Rocque S., Barré N., 2000. Rapport de mission à l'île de la Réunion réalisée dans le cadre de l'appui au projet POSEIDOM Vétérinaire, mission du 19 juin au 3 juillet 2000, CIRAD-EMVT.
- Dohoo I. R., Tillard E., Stryhn H., Faye B., 2001. The use of multilevel models to evaluate sources of variation in reproductive performance in dairy cattle in Reunion Island. *Prev. Vet. Med.* 50, 127-144.
- Lancelot R., 1999. Mission d'appui à la mise en place du Réseau d'Epidémiosurveillance de l'île de la Réunion. Mission du 27 avril au 20 mai 1999. n°1999-027. CIRAD-EMVT
- Lebart L., Morineau A., Piron M., 1995. Statistique exploratoire multidimensionnelle, Dunod, Paris.
- Manly B.F.J., 1997. Randomization, Bootstrap and Monte Carlo methods in biology, Second edition, Chapman and Hall.
- Messad S., 2001. Rapport technique provisoire de mission à l'île de la Réunion. Analyse des données entomologiques du suivi en ferme. Mission du 8 au 16 février 2001. CIRAD-EMVT.
- Pinheiro C.J., Bates M.D. 2000. Mixed-Effects Models in S and S-Plus. Springer.
- Thioulouse J., Chessel D., Dolédec S., Olivier J.M., 1997. ADE-4: a multivariate analysis and graphical display software. *Statistics and Computing*, 7, 75-83.
- Tucker L.R., 1980. An inter-Battery method of factor analysis. *Psychometrika*: 23, 2, 111-136.